

УДК 631.363.636

UDC 631,363,636

**АНАЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОБЕЛКОВЫХ КОРМОВ**

**ANALYTICAL ASPECTS OF A HIGH-PROTEIN FEED PREPARATION**

Фролов Владимир Юрьевич  
д.т.н., профессор  
*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

Frolov Vladimir Yurievich  
Dr.Sci.Tech., professor  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Сысоев Денис Петрович  
к.т.н., доцент  
*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

Sysoev Denis Petrovich  
Cand.Tech.Sci., associate professor  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Класнер Георгий Георгиевич  
инженер  
*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

Klasner Georgy Georgievich  
engineer  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

В работе рассматриваются существующие технологии и технические средства по подготовке зерна сои к скармливанию животным, и разработана технологическая линия приготовления высокобелковых кормов на основе зерна сои. Разработана конструкция измельчителя замоченного зерна сои, работающая по предлагаемой технологии

The article examines the existing technologies and facilities for the preparation of soybeans for feeding animals, and developed a technological line of preparation of high-protein feed based on soybean. The design of a chopper for soaked soybeans, working on the proposed technology has been presented

Ключевые слова: ЗАМОЧЕННОЕ ЗЕРНО СОИ, ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ ЗАМОЧЕННОГО ЗЕРНА СОИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ, ВЫСОКОБЕЛКОВЫЕ КОРМА, БЕЛОК СОИ

Keywords: SOAKED SOYBEANS GRAIN, SOAKED SOYBEAN CRUSHER, PRODUCTION LINE, HIGH-PROTEIN FEED, SOY PROTEIN

**Введение**

Эффективное животноводство на современном этапе экономическо-го развития возможно с применением ресурсосберегающих технологий и технических средств, направленных на обеспечение животных качественными кормами без повышения эксплуатационных затрат.

Ресурсоэффективное решение проблемы прифермерского приготовления и раздачи кормов для КРС на животноводческих предприятиях малых форм хозяйствования, снижение затрат труда и повышение продуктивности животных предопределяет применение рациональных технических решений для его реализации.

Опыт работы сельскохозяйственных предприятий показывает, что повышение продуктивности животных и птицы возрастает при увеличении в рационе кормления доли кормов богатых белком и протеином. Дефицит

белка и протеина в рационе кормления животных создает тенденцию к снижению рентабельности сельхозпредприятия из-за недостаточной продуктивности животных и птицы. Однако эффективность, с которой протеин может быть использован как источник аминокислот для синтеза тканевых и других белков при прочих равных условиях, зависит от содержания в нем незаменимых аминокислот и от того, насколько близко соотношение между незаменимыми аминокислотами, содержащимися в протеине корма, совпадает с соотношением аминокислот, которые требуются организму [1].

На основании проведенного анализа питательной ценности кормов можно сделать вывод, что зерно сои может решить проблему дефицита белка и протеина в рационе кормления животных. Именно соевое зерно – основной поставщик растительного белка. Соя содержит 36% белка, жиров 17,3%, углеводов 34,9%, а кормовая ценность составляет 1,45 кормовых единиц в 1 кг. корма, к тому же белок сои богат аминокислотами. В 1 кг соевого зерна содержится, мг: каротин 1,5–2, тиамин 10–18, рибофлавин 3–3,8, ниацин 20,8–35,0, пиридоксин 7–14, пантотеновая кислота 13–22,3, биотин 0,7–0,9, фолиевая кислота 1,8–2,0, инозит 2–2,5, холин 3,2–3,6, альфа-токоферол 4,8–7,8, витамин К 1,8–2,0 [2].

Такой набор веществ и витаминов сои при скармливании животным существенно повышает биологическую ценность рационов и обеспечивает повышение их продуктивности. Следовательно, на основании вышеизложенного, вопрос совершенствования процесса приготовления высококачественных кормов на основе зерна сои является актуальным.

В связи с этим, целью настоящих исследований является повышение эффективности процесса приготовления высокобелковых кормов, за счет разработки измельчителя замоченного соевого зерна и обоснования его конструктивно-режимных параметров.

**Технологии приготовления высокобелковых кормов на основе соевого белка**

Известно множество технологических схем производства соевого молока, т. к. оно применяется не только на корм животным, но и в питании людей, особенно в странах Азии. Основные технологии приготовления соевого молока приведены ниже.

При приготовлении соевого молока по «китайскому» способу соевое зерно тщательно промывается водой, заливается 3–4 частями воды по отношению к массе сухого зерна и оставляется при температуре 16–17°C на 12–14 часов. Разбухшие зерна вновь промываются водой, размалываются на дробилке и вальцах, с добавлением воды (из расчета 0,5 литра на 1 кг сухого зерна). Затем масса пропускается через вальцы. К размолотой массе добавляется вода температурой 20°C из расчета 6 частей воды на 1 часть сухого зерна. Масса размешивается с водой и выдерживается 30 мин. при постоянном помешивании, после чего фильтруется через сито с отверстиями диаметр которых равен 0,2 мм. Остаток на сите заливается двумя частями воды и повторно фильтруется. Обе части молока соединяются вместе.

Выход при этом способе приготовления составляет 8–8,5 литров на 1 кг сухого зерна.

Технологические схемы приготовления соевого молока по способу Иллинойса и Тайваньскому способу представлены на рис. 1.2 и 1.3.

Значительный опыт по приготовлению и использованию соевого молока накоплен в хозяйстве «Украина» Килийского района Одесской области.

Согласно данной схеме предварительно очищенное соевое зерно замачивается в трех частях воды в течение 16–17 ч в виноградном стекателе 3, оборудованном шнеком с электромеханическим приводом. Поступает оно из загрузочного бункера 1 и подается норией НЦГ–10–2. Замоченное зерно после слива воды перегружается во второй бункер-стекатель 4, где в течение часа проходит ферментативную обработку, а затем подается на

измельчение.

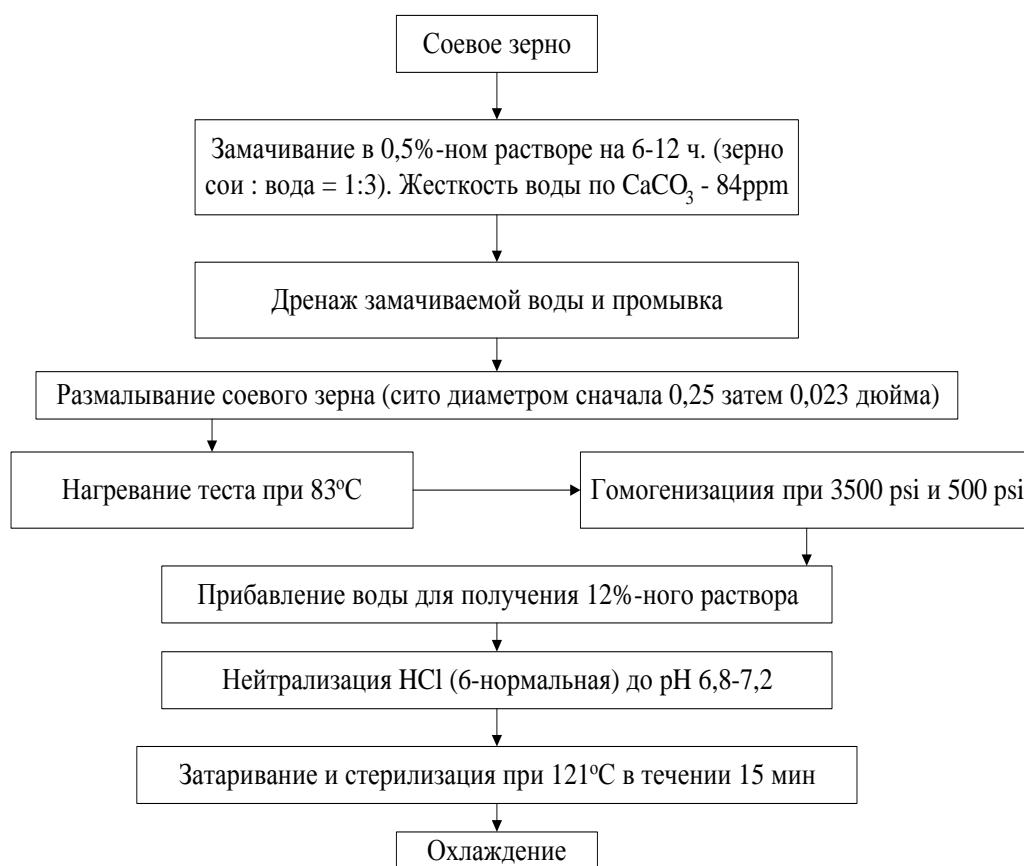


Рисунок 1 – Схема производства соевого молока по способу Иллинойса

На измельчительной машине «Эмульсор–ПМСМ–6-12.5» зерно вместе с водой перерабатывается до пастообразного состояния, в результате чего в водный раствор экстрагируются белки, масло, углеводы и витамины. На 1 часть зерна добавляют от 10 до 16 частей воды и, следовательно, из 1 кг зерна получают 10–16 кг соевого молока [7].

С эмульсора 5 водный экстракт соевого зерна сливается в две пищевые ванны 7 вместительностью по 2т каждая, где перемешивается мешалками 6 в течение 1,5 ч с 15-минутным перерывом, а затем сливается в пищевую ванну

8 вместимостью 0,5 тонн. Насосами 9 экстракт подается в три варочных котла 10 вместимостью 1,5 м<sup>3</sup> каждый, где кипятится в течении 10–15 минут. Затем молоко поступает в охлаждающую установку 11 и далее при температуре 28–30°C - в емкость для хранения 12. В соевое молоко добав-

ляется соль, молочный сахар, микроэлементы, витамины, аминокислоты, костный жир, все тщательно перемешивается и отправляется животным.

Производительность линии – 6т соевого молока в сутки [8].

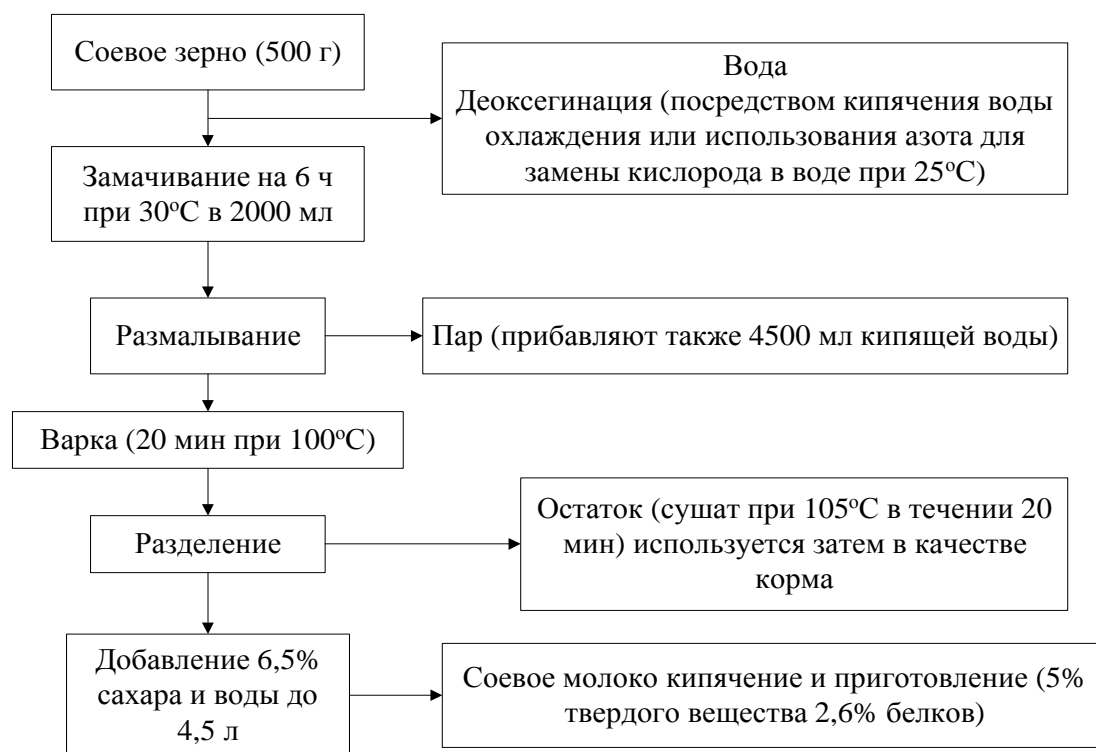


Рисунок 2 – Тайваньский способ получения соевого молока

Себестоимость 1 ц соевого молока полученного по данной технологии в 15 раз ниже цельного молока.

Приготовленное в хозяйстве соевое молоко дают всем видам животных. Телят начинают выпаивать с двадцатидневного возраста. При этом сначала им дают по 200 г молока, затем постепенно дозу увеличивают. Молодняку на откорме и коровам выпаивают 10 л молока в сутки. При этом суточные надои увеличиваются на 15–20%, а жирность молока – до 3,45% [4].

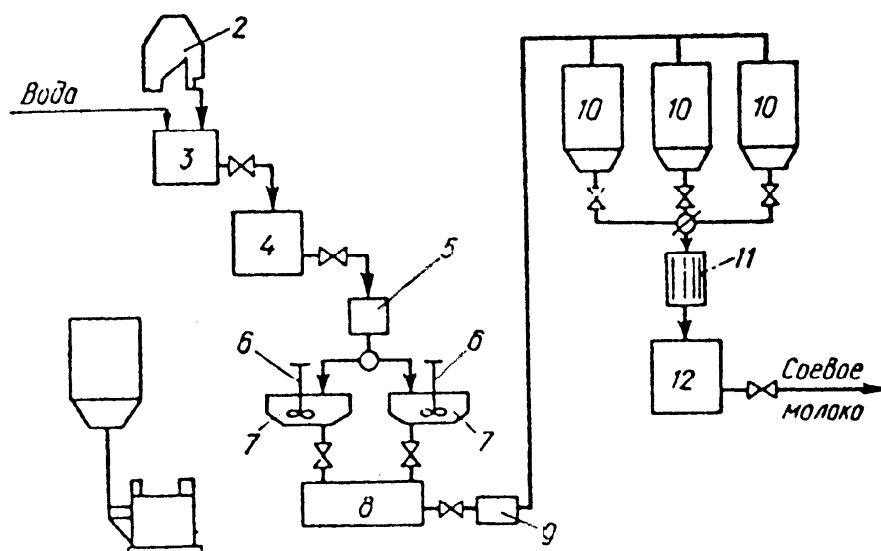


Рисунок 3 – Технологическая схема линии получения соевого молока:  
 1 – бункер-дозатор; 2 – нория НЦГ-10; 3, 4 – виноградный стекаль;  
 5 – эмульсор, 6 – мешалка; 7 – пищевая ванна; 8 – ванна; 9 – насос;  
 10 – варочный котел; 11 – охладитель; 12 – емкость для хранения

Анализ существующих технологических линий получения соевого молока, позволяет сделать вывод, что основными недостатками применяемых технологий являются большая (18–20 ч) продолжительность процесса приготовления соевого молока и, как следствие, высокая металлоемкость линий, так как для обеспечения необходимой производительности приходится использовать большие ёмкости [6].

Кроме этого анализ известных технологических схем приготовления соевого молока показывает, что их можно обобщить и представить в виде трех основных схем:

- замачивание соевого зерна → измельчение → экстракция → разделение → нагрев молока → охлаждение → хранение;
- измельчение → смешивание с водой → экстракция → нагрев → охлаждение → хранение;
- измельчение → смешивание → экстракция → нагрев (инактивация антипитательных веществ) → разделение → охлаждение.

При этом основными операциями при приготовлении соевого моло-

ка являются: инактивация, измельчение, экстракция, разделение на жидкую и твердую фракции, нагревание с целью разрушения антипитательных веществ, охлаждение и хранение.

### **Предлагаемая технология приготовления высококачественных кормов на основе соевого зерна**

На основании проведенного анализа существующих технологических линий получения соевого молока, нами разработана технологическая линия, работающая по безотходной технологии приготовления высококачественных кормов на основе соевого зерна, включающая в себя принципиально новый измельчитель сои, позволяющий в качестве продукта переработки получить соевое молоко и высокобелковые корма.

Технология производства соевого белка заключается в следующем. Соевое зерно предварительно замачивается в течение 24 часов, затем подается одновременно с водой в соотношении 1:10 в измельчитель, в котором происходит измельчение последнего с одновременным разделением на нерастворимый соевый остаток и суспензию.

Суспензия собирается в емкость-инактиватор где происходит термообработка за счет парогенератора.

Инактивированная суспензия коагулируется раствором  $\text{CaCl}_2$ , разделяется на сыворотку и соевый белок. Соевый белок затем поступает на формовку.

Характеристика соевого белка приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Соевый белок по ТУ–929110–001–22192276–96

Наименование	Показатели в перерасчете на сухое вещество		
	Массовая доля жира, %	Массовая доля золы, %	Массовая доля протеина, %
Соевый белок	10	7,25	33,35

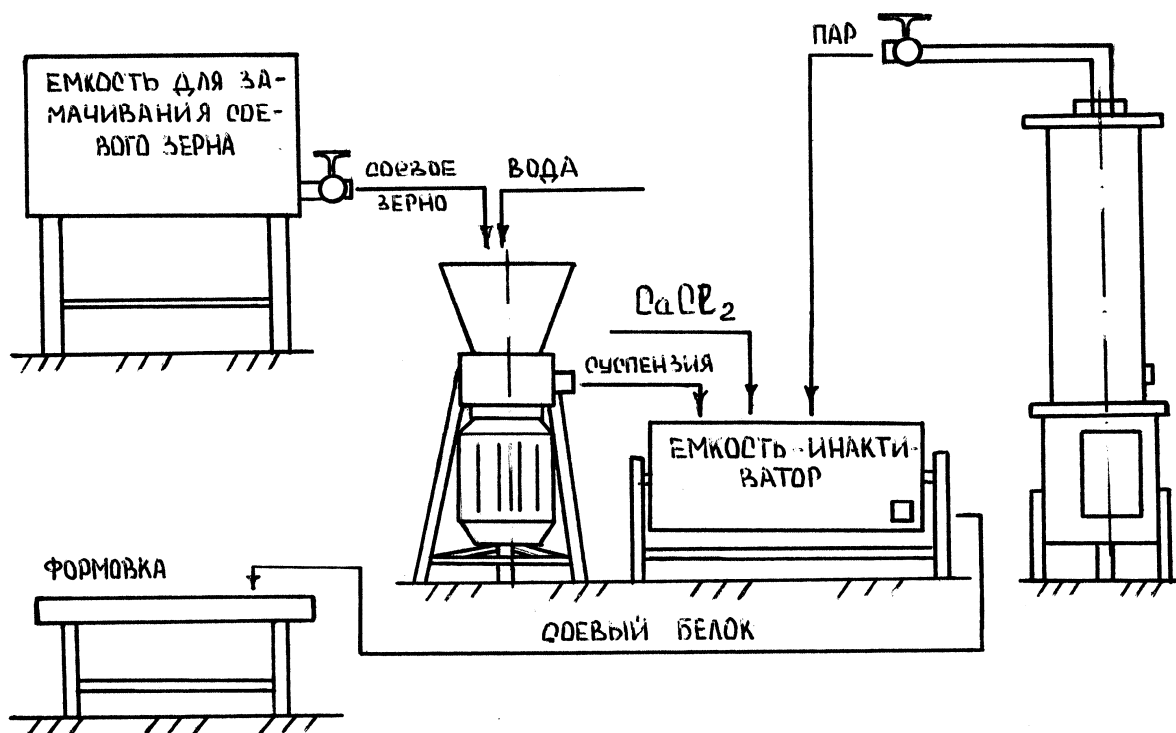


Рисунок 4 – Технологическая линия производства соевого белка.

Основным элементом предлагаемой технологии приготовления высококачественных, высокобелковых кормов является измельчитель замоченного зерна сои.

Изобретение относится к области сельского хозяйства, а именно к устройствам для измельчения зернобобовых кормов, в частности сои, и может быть использовано для получения продукта с заданной дисперсностью. Новизна технического решения подтверждается патентом на изобретение № 2477179 Российская федерация МКП ВО2С 7/18 Измельчитель замоченного зерна сои.

Техническим результатом предлагаемой конструкции является повышение качества измельчения и расширение функциональных возможностей за счет получения мелкодисперсионного помола продукта, и снижение энергоемкости рабочего процесса, благодаря измельчению зерна сои в замоченном виде.



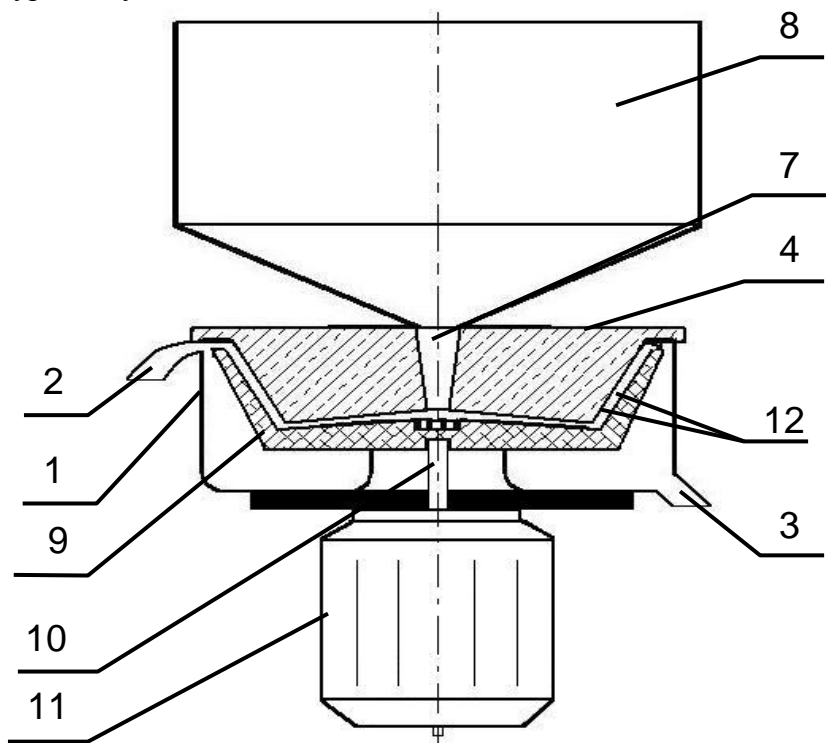


Рисунок 5 – Измельчитель замоченного зерна сои

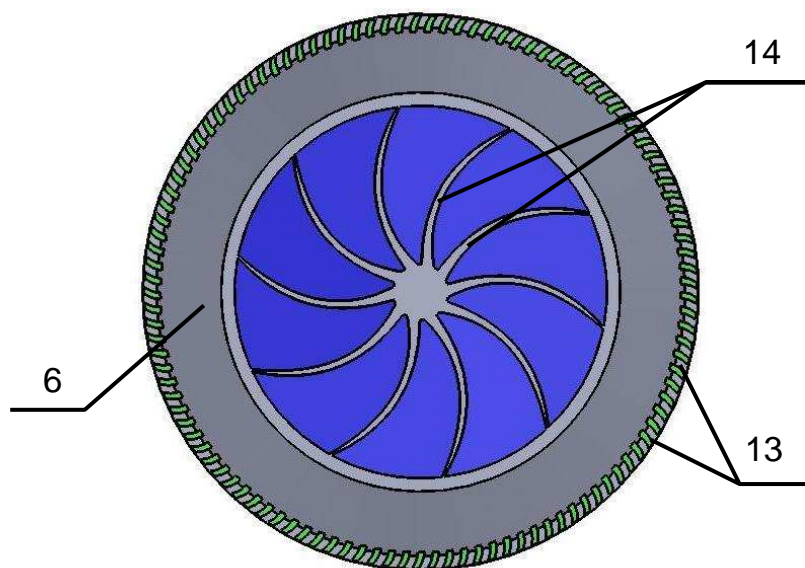


Рисунок 6 – Подвижный абразивный диск с криволинейными бороздками



Рисунок 7 – Неподвижный абразивный

1 – корпус, 2 – патрубок вывода окары, 3 – патрубок вывода, 4 – неподвижный абразивный диск, 5 – скребок, 6 – сито, 7 – подающий патрубок, 8 – загрузочная емкость, 9 – подвижный абразивный диск, 10 – вал, 11 – привод, 12 – сквозные каналы для отвода жидкой фракции, 13 – криволинейные бороздки, 14 – криволинейные радиальные каналы

Технологический процесс измельчения зерна сои заключается в следующем. Замоченное зерно сои засыпается в загрузочную емкость и под воздействием сил гравитации, одновременно с водой, поступает через патрубок в междисковое пространство. За счет центробежных сил, возникающих от центра к периферии диска, траектория перемещения замоченного зерна сои соответствует ориентации криволинейных бороздок. Зерна сои взаимодействуют с бороздками, растираются до однородного мелкодисперсионного помола, при этом дополнительно, измельчаются за счет сложных деформаций (сжатие, сдвига, истирания). Под действием подаваемой воды происходит смыв измельченных частиц с одновременной экстракцией белка. Соевое молоко через сито отделяется от окары и собирается через патрубок в специальную емкость. Нерастворимый остаток собирается в отдельную емкость.

Был изготовлен макетный образец и получены основные аналитические зависимости по обоснованию его конструктивно-режимных параметров.



Рисунок 8 – Макетный образец измельчителя замоченного зерна сои

Исследование технологического процесса измельчения замоченного

соевого зерна, показало, что если измельчать замоченное соевое зерно с помощью измельчителя содержащего два диска, один из которых закреплен неподвижно, а другой вращается, то данный способ позволяет значительно снизить энергозатраты и повысить производительность. В случае, если зазор между дисками в зоне измельчения меньше размера сои, вертикальная нагрузка увеличивается пропорционально сжатию зерна. Реакция от сил сопротивления сжатию воспринимается верхним и нижним дисками и обуславливает величину сил трения зерна сои о диск, что в свою очередь ведет к увеличению энергозатрат. Вследствие того, что зерно сои замоченное, напряжение разрушения незначительно, что и обуславливает снижение энергозатрат наряду с повышением производительности и качеством измельчения, а следовательно наиболее полной экстракцией белка.

Производительность измельчителя определили используя формулу В.П. Горячкина, предварительно определив количество продукта одновременно покрывающего всю поверхность измельчающего диска  $G$  и экспозицию обработки  $T$ :

$$Q_{ц} = g_0 \frac{\pi R^2 (k^2 - 1) v_r}{k^3 S_r}, \quad (1)$$

где  $g_0$  – зерновая нагрузка, кг/м<sup>2</sup>;  $v_r$  – скорость движения частицы вдоль бороздки, м/с;

$R$  – радиус вращающегося диска, м;

$k$  – дисковая константа,

$k=R/r$ ;  $S_r$  – длина дуги по которой движется измельчаемая частица, м.

Неизвестным в выражении (1) является скорость вращения нижнего диска  $v_r$ . Составив и решив уравнение Лагранжа второго порядка, а также определив силы, приложенные в плоскости диска, и элементарные работы, приложенные в направлении возможных перемещений, скорость вращения нижнего диска определим как:

$$v_r = \sqrt{r^2 \omega^2 - 2f \left( g + \frac{G}{m} \right) S_r}, \quad (2)$$

где  $r$  – расстояние от центра диска до зерна, м;

$\omega$  – угловая скорость зерна, рад/с;

$m$  – масса зерна, кг;

$Q$  – сила давления верхнего диска на зерно;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Так как в процессе измельчения зерно начнет двигаться по некоторой траектории  $S_r$  в относительном движении с относительной скоростью  $v_r$ , то выражение, описывающее длину дуги  $S_r$  определится

$$S_r = \frac{r}{a} \sqrt{1 + a^2} + C_2, \quad (3)$$

где  $a = r/r\varphi = \text{const}$ ;

$C_2$  – произвольная постоянная.

В процессе исследований определена зависимость между временем  $t$  и длиной дуги  $S_r$  которую можно выразить как:

$$t = \frac{1}{\sqrt{n}} \ln \frac{\gamma + nS_r + \sqrt{n} \sqrt{\ell + 2\gamma S_r + nS_r^2}}{n}, \quad (4)$$

Для увеличения производительности и снижения затрат энергии, целесообразно на нижний вращающийся диск наносить криволинейные бороздки, так как возможными траекториями движения зерна по нижнему диску будут Архимедова спираль или развертка окружности. Для более быстрого схода зерна с поверхности бороздки, последнему необходимо придать криволинейную форму с выпуклостью, направленной в сторону вращения [3].

Анализ рабочего процесса измельчителя замоченного соевого зерна позволил получить выражение для определения мощности, потребной для измельчения замоченного соевого зерна:

$$N_{ц} = g_0 \frac{\pi R^2 (k^2 - 1) v_r r}{k^3 S_r}, \quad (5)$$

Анализ выражения (6) показывает, что затраты энергии на процесс измельчения замоченного соевого зерна зависят от его конструктивных и режимных параметров. При известных конструктивных параметрах измельчителя замоченного соевого зерна определяющее влияние на производительность и энергозатраты оказывают скорость вращения диска  $v_r$  и время измельчения зерна сои  $t$ .

#### **Использованные источники:**

##### 1. Статья в сборнике

Доценко С.М., Фролов В.Ю., Самуйло В.В., Филонов Р.Ф. К обоснованию мало-энергоёмкой технологии приготовления заменителя цельного молока на основе соевого белка. // Сб. печат. тр. Механизация технологических процессов в животноводстве. Благовещенск, 1996.

##### 2. Статья в сборнике

Доценко С.М., Фролов В.Ю., Филонов Р.Ф., Корбанева И.А. Теоретические предпосылки совершенствования процесса измельчения соевого зерна высокой влажности. // Сб. науч. тр. Технология и механизация производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Часть 1. Благовещенск, 1997.

##### 3. Диссертация

Доценко С. М. Механико-технологическое обоснование повышения эффективности процессов приготовления и раздачи кормовых смесей крупному рогатому скоту. Дисс. ... доктора. техн. наук.- Благовещенск, 1993.

##### 4. Книга (монография, учебное, справочное пособие)

Азаров Б. М. Технологическое оборудование пищевых производств. - М.: Агропромиздат, 1988, с. 463.

##### 5. Книга (монография, учебное, справочное пособие)

Акопян В., Манукян К. Повышение эффективности использования протеина корма методом электрометрической обработки // Производство и использование растительного белка. Краснодар.: 1981, с. 297.

##### 6. Книга (монография, учебное, справочное пособие)

Андреева Е. И., Бакаева Е. В., Басистый В. П. Соевые корма в птицеводстве // Научные труды ДальНИИСХ. Хабаровск, с. 96-99.

##### 7. Статья в сборнике

Беленький Д. Е. Приготовление молочных и молочнокислых соевых продуктов. // Труды ВНИИ зернобобовых культур. - М.: 1984, т. V - 30 с.

##### 8. Статья в сборнике

Митков В. В. Технологии переработки сои. // Механизация и электрификация с. х.,

1993, N 8, с 16.

### References

1. Stat'ja v sbornike

Docenko S.M., Frolov V.Ju., Samujlo V.V., Filonov R.F. K obosnovaniju malo-jenergoemkoj tehnologii prigotovlenija zamenitelja cel'nogo moloka na osnove soe-vogo belka. // Sb. pechat. tr. Mehanizacija tehnologicheskikh processov v zhivotnovodstve. Blagoveshhensk, 1996.

2. Stat'ja v sbornike

Docenko S.M., Frolov V.Ju., Filonov R.F., Korbaneva I.A. Teoreticheskie predposylki sovershenstvovaniya processa izmel'chenija soevogo zerna vysokoj vlazh-nosti. // Sb. nauch. tr. Tehnologija i mehanizacija proizvodstva i pererabotki sel'sko-hozjajstvennoj produkcii. Chast' 1. Blagoveshhensk, 1997.

3. Dissertacija

Docenko S. M. Mehaniko-tehnologicheskoe obosnovanie povysheniya jeffektivno-sti processov prigotovlenija i razdachi kormovyh smesej krupnomu rogotomu skotu. Diss. ... doktora. tehn. nauk.- Blagoveshhensk, 1993.

4. Kniga (monografija, uchebnoe, spravocnoe posobie)

Azarov B. M. Tehnologicheskoe oborudovanie pishhevych proizvodstv. - M.: Agropromizdat, 1988, s. 463.

5. Kniga (monografija, uchebnoe, spravocnoe posobie)

Akopjan V., Manukjan K. Povysenie jeffektivnosti ispol'zovaniya proteina korma metodom jelektrometriceskoj obrabotki //Proizvodstvo i ispol'zovanie rastitel'nogo belka. Krasnodar.: 1981, s. 297.

6. Kniga (monografija, uchebnoe, spravocnoe posobie)

Andreeva E. I., Bakaeva E. V., Basistyj V. P. Soevye korma v pticevodstve //Nauchnye trudy Dal'NIISH. Habarovsk, s. 96-99.

7. Stat'ja v sbornike

Belen'kij D. E. Prigotovlenie molochnyh i molochnokislyh soevych produktov. //Trudy VNII zernobovych kul'tur. - M.: 1984, t. V - 30 s.

8. Stat'ja v sbornike

Mitkov V. V. Tehnologii pererabotki soi. //Mehanizacija i jelektrifikacija s. h., 1993, N 8, s 16.